

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2003 年 9 月 18 日 (18.09.2003)

PCT

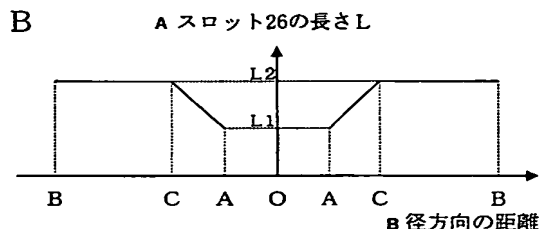
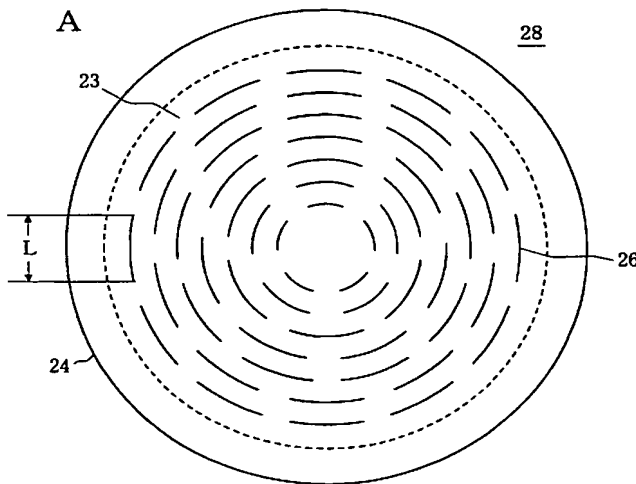
(10) 国際公開番号  
WO 03/077302 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/3065 (71) 出願人 および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP03/02925 (72) 発明者: 八坂 保能 (YASAKA, Yasuyoshi) [JP/JP]; 〒611-0002 京都府 宇治市 木幡須留 5-1 0 7 Kyoto (JP). 高橋 広明 (TAKAHASHI, Masaharu) [JP/JP]; 〒276-0049 千葉県 八千代市 緑が丘五丁目 4 番 1 2 号 Chiba (JP). 安藤 真 (ANDO, Makoto) [JP/JP]; 〒211-0954 神奈川県 川崎市 幸区小倉 1 番地 1-1-3 1 2 Kanagawa (JP).  
(22) 国際出願日: 2003 年 3 月 12 日 (12.03.2003)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ: 特願2002-066518 2002 年 3 月 12 日 (12.03.2002) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都 港区 赤坂 5 丁目 3 番 6 号 Tokyo (JP).  
(72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 石井 信雄 (ISHII, Nobuo) [JP/JP]; 〒660-0891 兵庫県 尼崎市 扶桑町 1-8 東京エレクトロン株式会社内 Hyogo (JP).  
(74) 代理人: 山川 政樹 (YAMAKAWA, Masaki); 〒100-0014 東京都 千代田区 永田町 2 丁目 4 番 2 号 秀和溜池ビル 8 階 山川国際特許事務所内 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: PLASMA PROCESSING DEVICE AND PLASMA GENERATING METHOD

(54) 発明の名称: プラズマ処理装置およびプラズマ生成方法



A...LENGTHS L OF SLOTS 26  
B...DISTANCE IN RADIAL DIRECTION

(57) Abstract: A plasma processing device, wherein the lengths L of slots (26) are monotonously increased from the center part (A) of an antenna surface (28) in an outer radial direction and maximized at a first intermediate part (C) and the maximum lengths are maintained from the first intermediate part (C) to a peripheral edge part (B) to increase a radiation power by a slot antenna as compared with a case when the lengths L are monotonously increased from the center part of the antenna surface (28) to the peripheral edge part thereof, whereby a reflected power from the slot antenna is reduced since the power remaining in the slot antenna is reduced without being radiated from the slot antenna.

(57) 要約: スロット (26) の長さ L を、アンテナ面 (28) の中心部 (A) から径方向に単調に増加させ第 1 の中間部 (C) で最大長とし、第 1 の中間部 (C) から周縁部 (B) まで最大長を維持させることにより、アンテナ面 (28) の中心部から周縁部まで単調に増加させた場合と比較して、スロットアンテナによる放射電力を増大させることができる。これにより、スロットアンテナから放射されずにスロットアンテナ内に残る電力が減少するので、スロットアンテナからの反射電力は小さくなる。

BEST AVAILABLE COPY

WO 03/077302 A1



(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許

(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 *PCT* ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## プラズマ処理装置およびプラズマ生成方法

## 発明の背景

本発明は、プラズマ処理装置およびプラズマ生成方法に関し、より詳しくは、スロットアンテナを用いて処理容器内に電磁界を供給しプラズマを生成するプラズマ処理装置およびプラズマ生成方法に関する。

半導体装置やフラットパネルディスプレイの製造において、酸化膜の形成や半導体層の結晶成長、エッチング、またアッシングなどの処理を行うために、プラズマ処理装置が多用されている。これらのプラズマ処理装置の一つに、処理容器内に高周波電磁界を供給し、その作用により処理容器内のガスを電離および解離させてプラズマを生成する高周波プラズマ処理装置がある。この高周波プラズマ処理装置は、低圧力で高密度のプラズマを生成できるので、効率のよいプラズマ処理が可能である。

図 8 は、処理容器内に高周波電磁界を供給するために従来から用いられる電磁界供給装置の一構成例を示す図である。この図に示す電磁界供給装置 510 は、高周波電磁界を発生する高周波発生器 511 と、この高周波発生器 511 に一端が接続された円筒導波管 512 と、この円筒導波管 512 に設けられた円偏波変換器 513 および負荷整合器 514 と、円筒導波管 512 の他端に接続されたラジアルラインスロットアンテナ（以下、RLSA と略記する）515 とから構成されている。

RLSA 515 は、円筒導波管 512 から導入される高周波電磁界を処理容器（図示せず）内に供給するものである。具体的には、ラジアル導波路 521 を形成する互いに平行な 2 つの円形導体板 522, 523 と、これら 2 つの導体板 522, 523 の外周部を接続し高周波電磁界をシールドする導体リング 524 とを有している。導体板 522 の中心部には、円筒導波管 512 からラジアル導波路 521 に高周波電磁界を導入する開口 525 が形成され、導体板 523 には、

ラジアル導波路 5 2 1 を伝搬する高周波電磁界を処理容器内に供給するスロット 5 2 6 が複数形成されている。導体板 5 2 3 とスロット 5 2 6 とからアンテナ面 5 2 8 が構成される。

高周波発生器 5 1 1 で発生した高周波電磁界は、円筒導波管 5 1 2 を  $TE_{11}$  モードで伝搬し、円偏波変換器 5 1 3 により回転電磁界に変換され、RLSA 5 1 5 に導入される。RLSA 5 1 5 に導入された高周波電磁界は、ラジアル導波路 5 2 1 を放射状に伝搬しつつ、スロット 5 2 6 を介して処理容器内に供給される。処理容器内では、供給された高周波電磁界によりガスが電離してプラズマが生成され、被処理体に対するプラズマ処理が行われる。

一方、処理容器内に供給されなかった高周波電磁界の一部は、反射電磁界 F 1 としてRLSA 5 1 5 から円筒導波管 5 1 3 を戻っていく。しかし、負荷整合器 5 1 4 により供給側と負荷側とのインピーダンスの整合をとることにより、反射電磁界 F 1 を負荷整合器 5 1 4 により再度反射し、高周波発生器 5 1 1 から供給される進行波と位相を合わせて、RLSA 5 1 5 へ電力を加算して供給することができる。

しかしながら、反射電磁界 F 1 の電力（反射電力）が大きくなると、負荷整合器 5 1 4 により反射電磁界 F 1 の全電力を反射することができず、高周波発生器 5 1 1 と負荷整合器 5 1 4 との間に定在波ができる。その結果、この定在波によって高周波発生器 5 1 1 と負荷整合器 5 1 4 との間で局所的に加熱されて、円筒導波管 5 1 2 にゆがみが生じたり、RLSA 5 1 5 の負荷側へ効率よく電力が供給されなくなるという問題があった。

## 発明の概要

本発明はこのような課題を解決するためになされたものであり、その目的は、スロットアンテナからの反射電力を低減することにある。

このような目的を達成するために、本発明のプラズマ処理装置は、被処理体を載置する載置台と、この載置台を収容する処理容器と、載置台に対向して配置されかつ処理容器内に電磁界を供給するスロットアンテナとを備え、このスロットアンテナのアンテナ面に複数形成されたスロットの放射係数が、アンテナ面の径

方向で、アンテナ面の中心部から周縁部へ向かう途中の第1の中間部まで単調に増加し、第1の中間部から周縁部へ向けて第1の中間部での値を維持することを特徴とする。

また、スロットの長さが、アンテナ面の中心部から第1の中間部まで単調に変化し、第1の中間部から周縁部へ向けて第1の中間部での長さを維持する構成としてもよい。

ここで、スロットアンテナ内における電磁界の波長を $\lambda_g$ とすると、スロットの長さ $L$ が、

$$L \leq \lambda_g / 2$$

または

$$(N/2 + 1/4) \times \lambda_g \leq L \leq (N+1) \times \lambda_g / 2 \quad (N \text{ は自然数})$$

の場合、スロットの長さが、中心部から第1の中間部まで単調に増加する構成としてもよい。

または、アンテナ面の最も内側のスロットからアンテナ面の径方向の任意のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより長く、任意のスロットからアンテナ面の最も外側のスロットへ向けて各スロットの長さが任意のスロットの長さと等しい構成としてもよい。

一方、スロットの長さ $L$ が、

$$N \times \lambda_g / 2 \leq L \leq (N/2 + 1/4) \times \lambda_g \quad (N \text{ は自然数})$$

の場合、スロットの長さが、中心部から第1の中間部まで単調に減少する構成としてもよい。

または、アンテナ面の最も内側のスロットからアンテナ面の径方向の任意のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより短く、任意のスロットからアンテナ面の最も外側のスロットへ向けて各スロットの長さが任意のスロットの長さと等しい構成としてもよい。

また、上述したプラズマ処理装置において、スロットの放射係数が、アンテナ面の径方向で、アンテナ面の第1の中間部から周縁部へ向かう途中の第2の中間部まで第1の中間部での値を維持し、第2の中間部から周縁部まで単調に減少する構成としてもよい。

また、スロットの長さが、アンテナ面の中心部から第1の中間部まで単調に変化し、第1の中間部から第2の中間部まで第1の中間部での長さを維持し、第2の中間部から周縁部まで中心部から第1の中間部とは逆に単調に変化する構成としてもよい。

ここで、スロットの長さ $L$ が、

$$L \leq \lambda_g / 2$$

または

$$(N/2 + 1/4) \times \lambda_g \leq L \leq (N+1) \times \lambda_g / 2 \quad (N \text{ は自然数})$$

の場合、スロットの長さが、第2の中間部から周縁部まで単調に減少する構成としてもよい。

または、アンテナ面の最も内側のスロットからアンテナ面の径方向の第1の中間部のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより長く、第1の中間部のスロットから径方向の第2の中間部のスロットまで各スロットの長さが第1の中間部のスロットの長さと等しく、第2の中間部のスロットから径方向の最も外側のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより短い構成としてもよい。

一方、スロットの長さ $L$ が、

$$N \times \lambda_g / 2 \leq L \leq (N/2 + 1/4) \times \lambda_g \quad (N \text{ は自然数})$$

の場合、スロットの長さが、第2の中間部から周縁部まで単調に増加する構成としてもよい。

または、アンテナ面の最も内側のスロットからアンテナ面の径方向の第1の中間部のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより短く、第1の中間部のスロットから径方向の第2の中間部のスロットまで各スロットの長さが第1の中間部のスロットの長さと等しく、第2の中間部のスロットから径方向の最も外側のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより長い構成としてもよい。

また、本発明のプラズマ生成方法では、アンテナ面にスロットが複数形成されたスロットアンテナを用いて処理容器内に電磁界を供給することによりプラズマを生成するときに、アンテナ面の径方向で、アンテナ面の中心部から周縁部へ向

かう途中の第 1 の中間部までスロットの放射係数を単調に増加させ、第 1 の中間部から周縁部へ向けて第 1 の中間部での放射係数の値を維持することを特徴とする。

また、アンテナ面の径方向で、アンテナ面の第 1 の中間部から周縁部へ向かう途中の第 2 の中間部まで第 1 の中間部での放射係数の値を維持し、第 2 の中間部から周縁部まで放射係数を単調に減少させるようにしてもよい。

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明にかかるプラズマ処理装置の第 1 の実施の形態の全体構成を示す図である。

図 2 A は、図 1 における II-II' 線方向からみたアンテナ面の一構成例を示す平面図、図 2 B は、スロットの長さの径方向に対する変化を示す図である。

図 3 A は、ハの字スロットの一例を示す図、図 3 B は、クロススロットの一例を示す図である。

図 4 A ～図 4 D は、アンテナ面に形成されるスロットの形状の例を示す図である。

図 5 A は、本発明にかかるプラズマ処理装置の第 2 の実施の形態で用いられるスロットアンテナのアンテナ面の一構成例を示す平面図であり、図 5 B は、スロットの長さの径方向に対する変化を示す図である。

図 6 A は、上に凸の円錐面状をしたアンテナ面を有するラジアルラインスロットアンテナの構成を示す縦断面図、図 6 B は、図 6 A に示したアンテナ面の構成を示す斜視図である。

図 7 は、下に凸の円錐面状をしたアンテナ面の構成を示す斜視図である。

図 8 は、従来の電磁界供給装置の一構成例を示す図である。

#### 実施例の詳細な説明

以下、図面を参照して、本発明の実施例について詳細に説明する。

##### 第 1 の実施例

図 1 ～図 4 を参照し、本発明にかかるプラズマ処理装置の第 1 の実施例につい

て説明する。図1は、この形態の全体構成を示す図である。このプラズマ処理装置は、被処理体である半導体やLCDなどの基板4を収容しこの基板4に対しプラズマ処理を施す処理容器1と、この処理容器1内に高周波電磁界Fを供給しその作用により処理容器1内にプラズマPを生成する電磁界供給装置10とを有している。

処理容器1は、上部が開口した有底円筒形をしている。この処理容器1の底面中央部には絶縁板2を介して基板台（載置台）3が固定されている。この基板台3の上面に基板4が載置される。

処理容器1の底面周縁部には、真空排気用の排気口5が設けられている。処理容器1の側壁には、処理容器1内にガスを導入するためのガス導入用ノズル6が設けられている。例えばこのプラズマ処理装置がエッチング装置として用いられる場合、ノズル6からArなどのプラズマガスと、CF<sub>4</sub>などのエッチングガスとが導入される。

処理容器1の上部開口は、処理容器1内で生成されるプラズマPが外部に漏れないように、誘電体板7で閉塞されている。この誘電体板7の上に電磁界供給装置10のRLSA15が配設されている。誘電体板7およびRLSA15の外周は、処理容器1の側壁上に環状に配置されたシールド材8によって覆われ、高周波電磁界Fが外部に漏れない構造になっている。

電磁界供給装置10は、RLSA15とその給電部とから構成されている。給電部はさらに、高周波発生器11と、この高周波発生器11とRLSA15との間に接続された円筒導波管12と、この円筒導波管12に設けられた円偏波変換器13および負荷整合器14とから構成されている。

高周波発生器11は、周波数が1GHz～十数GHzの範囲内の所定周波数（例えば2.45GHz）の高周波電磁界Fを発生させ、出力するものである。なお、高周波発生器11は、マイクロ波帯およびそれより低い周波数帯を含む高周波を出力するものであってもよい。

円偏波変換器13は、円筒導波管12をTE<sub>11</sub>モードで伝搬する高周波電磁界Fを、その進行方向に対して垂直な面内において、1周期で1回転する回転電磁界に変換するものである。



負荷整合器 1 4 は、円筒導波管 1 2 の供給側（高周波発生器 1 1 側）と負荷側（R L S A 1 5 側）とのインピーダンスの整合をとるものである。

R L S A 1 5 は、円筒導波管 1 2 から導入される高周波電磁界 F を、誘電体板 7 を介して処理容器 1 内に供給するものである。具体的には、ラジアル導波路 2 1 を形成する互いに平行な 2 つの円形導体板 2 2, 2 3 と、これら 2 つの導体板 2 2, 2 3 の外周部を接続して高周波電磁界 F をシールドする導体リング 2 4 とを有している。導体板 2 2, 2 3 および導体リング 2 4 は、銅またはアルミニウムなどの導体で形成されている。

ラジアル導波路 2 1 の上面となる導体板 2 2 の中心部には、円筒導波管 1 2 に接続される開口 2 5 が形成され、この開口 2 5 からラジアル導波路 2 1 内に高周波電磁界 F が導入される。ラジアル導波路 2 1 の下面となる導体板 2 3 には、ラジアル導波路 2 1 内を伝搬する高周波電磁界 F を処理容器 1 内に供給するスロット 2 6 が複数形成されている。導体板 2 3 とスロット 2 6 とからアンテナ面 2 8 が構成される。

アンテナ面 2 8 上の中心部には、導体または誘電体で形成されたバンプ 2 7 が設けられている。バンプ 2 7 は導体板 2 2 の開口 2 5 に向かって突出する略円錐形に形成された部材である。このバンプ 2 7 により、円筒導波管 1 2 からラジアル導波路 2 1 へのインピーダンスの変化を緩やかにし、円筒導波管 1 2 とラジアル導波路 2 1 との接続部での高周波電磁界 F の反射を低減することができる。

なお、ラジアル導波路 2 1 内に遅波材を配置してもよい。この遅波材は比誘電率が 1 より大きい誘電体からなり、ラジアル導波路 2 1 の管内波長  $\lambda_g$  が短くなるので、アンテナ面 2 8 の径方向に配置されるスロット 2 6 を増やし、高周波電磁界 F の供給効率を向上させることが可能である。

次に、R L S A 1 5 のアンテナ面 2 8 について詳述する。ここでは、スロット 2 6 の長さをラジアル導波路 2 1 の管内波長  $\lambda_g$  の  $1/2$  以下とした場合について説明する。

図 2 A は、図 1 における II-II' 線方向からみたアンテナ面 2 8 の一構成例を示す平面図であり、図 2 B は、スロット 2 6 の長さの径方向に対する変化を示す図である。図 2 B において、横軸はアンテナ面 2 8 の中心 O から径方向の距離で

あり、縦軸はスロット 26 の長さ  $L$  である。

図 2 A では、周方向にのびるスロット 26 が、同心円上に配置されている。

図 2 B に示すように、アンテナ面 28 の中心部を A、周縁部を B、中心部 A から周縁部 B へ向かう途中の所定位置（以下、第 1 の中間部という）を C で表すと、アンテナ面 28 の径方向において、スロット 26 の長さ  $L$  は、中心部 A の  $L_1$  から単調に増加して第 1 の中間部 C で最大長  $L_2$  になり、第 1 の中間部 C から周縁部 B まで最大長  $L_2$  を維持している。したがって、アンテナ面 28 の最も内側のスロットから径方向の任意のスロットまで、各スロットの長さがその内側のスロットの長さより長く、前記任意のスロットからアンテナ面 28 の最も外側のスロットまで、各スロットの長さが前記任意のスロットの長さと等しくなっている。なお、 $0 < L_1 < L_2 \leq \lambda_g / 2$  である。

スロット 26 の近傍におけるラジアル導波路 21 内の高周波電磁界 F の電力と、そのスロット 26 を介して放射される（またはリークする）高周波電磁界 F の電力（放射電力という）との比を、そのスロット 26 の放射係数という。すなわち放射係数は、（放射電力）／（ラジアル導波路 21 内の電力）で表され、スロット 26 の長さ  $L$  が 0（ゼロ）から長くなるにしたがって徐々に大きくなり、 $\lambda_g / 2$  で極大となる。

したがって、スロット 26 の長さ  $L$  をアンテナ面 28 の径方向に対して上述したように変化させると、スロット 26 の放射係数はアンテナ面 28 の中心部 A から径方向において単調に増加して第 1 の中間部 C で最大値となり、第 1 の中間部 C から周縁部 B まで最大値を維持する。このようにすると、スロットの放射係数をアンテナ面の中心部から周縁部まで単調に増加させた場合と比較して、高周波電磁界 F がラジアル導波路 21 の中心部から周縁部まで伝搬する間に R L S A 15 から放射される（またはリークする）電力が増大する。したがって、R L S A 15 から放射されずにラジアル導波路 21 内に残る電力は減少するので、ラジアル導波路 21 から円筒導波管 12 を戻る反射電磁界 F 1 の反射電力が小さくなる。

したがって、負荷整合器 14 によるインピーダンスの整合が容易となり、反射電磁界 F 1 の全電力を負荷整合器 14 により再度反射し、高周波発生器 11 から供給される進行波と位相を合わせて、R L S A 15 へ電力を加算して供給するこ

とができる。このため、高周波発生器 1 1 と負荷整合器 1 4 との間に定在波ができず、高周波発生器 1 1 と負荷整合器 1 4 との間で局所的に加熱されて、円筒導波管 1 2 にゆがみが生じることはない。また、負荷側部分以外で電力を損失することもないので、処理容器 1 内に効率よく電力を供給することができる。

ここでは、スロット 2 6 の長さ  $L$  をラジアル導波路 2 1 の管内波長  $\lambda_g$  の  $1/2$  以下とした場合について説明したが、スロット 2 6 の長さ  $L$  が式 (1) の範囲であるときも、スロット 2 6 の長さ  $L$  が  $(N/2 + 1/4) \times \lambda_g$  から長くなるにしたがって徐々に大きくなり、 $(N+1) \times \lambda_g/2$  で極大となるので、スロット 2 6 の長さ  $L$  を同様に形成することにより、ラジアル導波路 2 1 から円筒導波管 1 2 を戻す電力を小さくすることができる。

$$(N/2 + 1/4) \times \lambda_g \leq L \leq (N+1) \times \lambda_g/2 \quad \dots (1)$$

ただし、 $N$  は自然数である (以下同じ)。

一方、スロット 2 6 の長さ  $L$  が式 (2) の範囲の場合、スロット 2 6 の放射係数は、スロット 2 6 の長さ  $L$  が  $(N/2 + 1/4) \times \lambda_g$  から短くなるにしたがって徐々に大きくなり、 $N \times \lambda_g/2$  で極大となるので、スロット 2 6 の長さ  $L$  を、アンテナ面 2 8 の径方向において、中心部 A から第 1 の中間部 C まで単調に減少させ、第 1 の中間部 C から周縁部 B まで第 1 の中間部 C での長さ ( $L$  の最小長) を維持させる。この場合、アンテナ面 2 8 の最も内側のスロットから径方向の任意のスロットまで、各スロットの長さがその内側のスロットの長さより短く、前記任意のスロットからアンテナ面 2 8 の最も外側のスロットまで、各スロットの長さが前記任意のスロットの長さと等しくなっている。

$$N \times \lambda_g/2 \leq L \leq (N/2 + 1/4) \times \lambda_g \quad \dots (2)$$

このようにスロット 2 6 の長さ  $L$  を変化させることにより、スロット 2 6 の放射係数がアンテナ面 2 8 の中心部 A から径方向において単調に増加して第 1 の中間部 C で最大値となり、第 1 の中間部 C から周縁部 B まで最大値を維持することとなるので、このような R L S A を用いることにより、ラジアル導波路 2 1 から円筒導波管 1 2 を戻す電力を小さくすることができる。

なお、図 2 B では、スロット 2 6 の長さ  $L$  は A C 間で一次関数的に変化しているが、これに限られるものではない。また、第 1 の中間部 C の位置は、プロセス

条件などに応じて適切な位置が選ばれる。

図 2 A には、周方向にのびるスロット 2 6 が同心円上に配置されている例を示したが、スロット 2 6 を渦巻き線上に配置してもよいし、径方向にのびるスロット 2 6 を形成してもよい。

また、径方向に隣り合うスロット 2 6 の間隔を  $\lambda_g$  程度として、RLSA 1 5 を放射型アンテナとしてもよいし、 $\lambda_g/3 \sim \lambda_g/40$  程度としてリーク型アンテナとしてもよい。

また、図 3 A に示すように、一方のスロット 2 6 A の延長線が、他方のスロット 2 6 B 上またはその延長線上で交差する所謂ハの字スロット、または、図 3 B に示すように、互いに長さが異なる 2 本のスロット 2 6 C, 2 6 D が互いの中心で交差するクロススロットを、アンテナ面 2 8 に複数形成し、処理容器 1 内に円偏波を放射するようにしもよい。

スロット 2 6 の平面形状は、図 4 A に示すような矩形でもよいし、図 4 B に示すような平行二直線の両端を円弧などの曲線でつないだ形状であってもよい。また、図 4 C または図 4 D に示すように、図 4 A の矩形の長辺または図 4 B の平行二直線を円弧状にした形状でもよい。スロットの長さ L とは、図 4 A では矩形の長辺の長さであり、図 4 B では平行二直線の長さである。なお、スロット 2 6 の幅 W は、ラジアル導波路 3 3 内の高周波電磁界 F への影響およびその管内波長などを考慮して、2 mm 程度とするとよい。

## 第 2 の実施例

次に、図 5 A および図 5 B を参照し、本発明にかかるプラズマ処理装置の第 2 の実施例について説明する。図 5 A は、この形態で用いられる RLSA のアンテナ面の一構成例を示す平面図であり、図 5 B は、スロットの長さの径方向に対する変化を示す図である。これらの図では、図 2 A および図 2 B と同一部分または相当部分を同一符号で示しており、その説明を適宜省略する。なお、図 5 A は図 2 A に対応している。

図 5 に示すように、アンテナ面 1 2 8 の第 1 の中間部 C から周縁部 B へ向かう途中の所定位置（以下、第 2 の中間部という）を D で表すと、アンテナ面 1 2 8 の径方向において、スロット 1 2 6 の長さ L は、中心部 A の L 1 から単調に増加

して第1の中間部Cで最大長 $L_2$ になり、第1の中間部Cから第2の中間部Dまで最大長 $L_2$ を維持し、第2の中間部Dから周縁部Bまで単調に減少している。したがって、アンテナ面128の最も内側のスロットから径方向の第1の中間部Cのスロットまで、各スロットの長さがその内側のスロットの長さより長く、第1の中間部Cのスロットから径方向の第2の中間部Dのスロットまで、各スロットの長さが第1の中間部Cのスロットの長さと等しく、第2の中間部Dのスロットから径方向の最も外側のスロットまで、各スロットの長さがその内側のスロットの長さより短くなっている。

スロット126の長さ $L$ をラジアル導波路21の管内波長 $\lambda_g$ の $1/2$ 以下とした場合、アンテナ面128の周縁部付近で、中心部Aから第1の中間部Cまでとは逆にスロット126の長さ $L$ を単調に減少させることにより、スロット126の放射係数も単調に減少し、周縁部付近における高周波電磁界 $F$ の放射電力が低減される。その結果、処理容器1の側壁付近の電界強度が弱まり、プラズマガスの電離によるプラズマ生成が抑制される。したがって、処理容器1内の側壁付近でのプラズマ密度が高密度となる場合には、これを低下させ、プラズマPが処理容器1の側壁に接触して金属表面をスパッターすることによって起こる処理容器1内の汚染を低減することができる。

ここでは、スロット126の長さ $L$ をラジアル導波路21の管内波長 $\lambda_g$ の $1/2$ 以下とした場合について説明したが、スロット126の長さ $L$ を上記式

(1)の範囲で形成する場合でも同様である。

一方、スロット126の長さ $L$ を上記式(2)の範囲で形成する場合には、逆に、アンテナ面128の径方向において、スロット126の長さ $L$ が、中心部Aから第1の中間部Cまで単調に減少させ、第1の中間部Cから第2の中間部Dまで第1の中間部Cでの長さ( $L$ の最小長)を維持させ、第2の中間部Dから周縁部Bまで単調に増加させる。この場合、アンテナ面128の最も内側のスロットから径方向の第1の中間部Cのスロットまで、各スロットの長さがその内側のスロットの長さより短く、第1の中間部Cのスロットから径方向の第2の中間部Dのスロットまで、各スロットの長さが第1の中間部Cのスロットの長さと等しく、第2の中間部Dのスロットから径方向の最も外側のスロットまで、各スロットの

長さがその内側のスロットの長さより長くなる。このようにスロット 1 2 6 の長さ  $L$  を変化させることにより、アンテナ面 1 2 8 の周縁部付近で、スロット 1 2 6 の放射係数が単調に減少するので、処理容器 1 内の汚染を低減することができる。

なお、図 5 B では、スロット 1 2 6 の長さ  $L$  は、DB 間で一次関数的に変化しているが、これに限られるものではない。また、スロット 1 2 6 の長さ  $L$  は、周縁部 B で  $L_1$  まで減少しているが、必ずしも  $L_1$  まで減少させる必要はない。また、第 2 の中間部 D の位置は、プロセス条件などに応じて適切な位置が選ばれる。

図 1, 2, 5 において、アンテナ面 2 8, 1 2 8 は平板状であるが、図 6 A および図 6 B に示すように、アンテナ面 2 2 8 A が円錐面状をしていてもよい。円錐面状をしたアンテナ面 2 2 8 A から放射される（またはリークする）高周波電磁界  $F$  は、平板状をした誘電体板 7 によって規定されるプラズマ面に対して斜め方向から入射されることになる。このため、プラズマ P による高周波電磁界  $F$  の吸収効率が向上するので、アンテナ面 2 2 8 A とプラズマ面との間に存在する定在波を弱め、プラズマ分布の均一性を向上させることができる。

アンテナ面 2 2 8 A は、上に凸の円錐面状をしているが、図 7 に示すように下に凸の円錐面状をしたアンテナ面 2 2 8 B を用いることもできる。また、アンテナ面 2 2 8 A, 2 2 8 B は、円錐面状以外の凸形状であってもよい。

本発明のプラズマ装置は、エッチング装置、プラズマ CVD 装置、アッシング装置などに利用することができる。

## 請 求 の 範 囲

## 1. 被処理体を載置する載置台と、

この載置台を収容する処理容器と、

前記載置台に対向して配置されかつ前記処理容器内に電磁界を供給するスロットアンテナとを備え、

このスロットアンテナのアンテナ面に複数形成されたスロットの放射係数が、前記アンテナ面の径方向で、前記アンテナ面の中心部から周縁部へ向かう途中の第1の中間部まで単調に増加し、前記第1の中間部から前記周縁部へ向けて前記第1の中間部での値を維持することを特徴とするプラズマ処理装置。

## 2. 請求の範囲第1項に記載されたプラズマ処理装置において、

前記スロットの長さは、前記アンテナ面の前記中心部から前記第1の中間部まで単調に変化し、前記第1の中間部から前記周縁部へ向けて前記第1の中間部での長さを維持することを特徴とするプラズマ処理装置。

## 3. 請求の範囲第2項に記載されたプラズマ処理装置において、

前記スロットアンテナ内における電磁界の波長を $\lambda_g$ とすると、前記スロットの長さ $L$ が、

$$L \leq \lambda_g / 2$$

または

$$(N/2 + 1/4) \times \lambda_g \leq L \leq (N+1) \times \lambda_g / 2 \quad (N \text{ は自然数})$$

の場合、前記スロットの長さは、前記中心部から前記第1の中間部まで単調に増加することを特徴とするプラズマ処理装置。

## 4. 請求の範囲第2項に記載されたプラズマ処理装置において、

前記スロットアンテナ内における電磁界の波長を $\lambda_g$ とすると、前記スロットの長さ $L$ が、

$$L \leq \lambda_g / 2$$

または

$$(N/2 + 1/4) \times \lambda_g \leq L \leq (N+1) \times \lambda_g / 2 \quad (N \text{ は自然数})$$

の場合、前記アンテナ面の最も内側のスロットから前記アンテナ面の径方向の任意のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより長く、前記任意のスロットから前記アンテナ面の最も外側のスロットへ向けて各スロットの長さが前記任意のスロットの長さと等しいことを特徴とするプラズマ処理装置。

5. 請求の範囲第2項に記載されたプラズマ処理装置において、

前記スロットアンテナ内における電磁界の波長を $\lambda_g$ とすると、前記スロットの長さ $L$ が、

$$N \times \lambda_g / 2 \leq L \leq (N/2 + 1/4) \times \lambda_g \quad (N \text{ は自然数})$$

の場合、前記スロットの長さは、前記中心部から前記第1の中間部まで単調に減少することを特徴とするプラズマ処理装置。

6. 請求の範囲第2項に記載されたプラズマ処理装置において、

前記スロットアンテナ内における電磁界の波長を $\lambda_g$ とすると、前記スロットの長さ $L$ が、

$$N \times \lambda_g / 2 \leq L \leq (N/2 + 1/4) \times \lambda_g \quad (N \text{ は自然数})$$

の場合、前記アンテナ面の最も内側のスロットから前記アンテナ面の径方向の任意のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより短く、前記任意のスロットから前記アンテナ面の最も外側のスロットへ向けて各スロットの長さが前記任意のスロットの長さと等しいことを特徴とするプラズマ処理装置。

7. 請求の範囲第1項に記載されたプラズマ処理装置において、

前記スロットの放射係数が、前記アンテナ面の径方向で、前記アンテナ面の前記第1の中間部から前記周縁部へ向かう途中の第2の中間部まで前記第1の中間部での値を維持し、前記第2の中間部から前記周縁部まで単調に減少することを特徴とするプラズマ処理装置。



8. 請求の範囲第7項に記載されたプラズマ処理装置において、

前記スロットの長さは、前記アンテナ面の前記中心部から前記第1の中間部まで単調に変化し、前記第1の中間部から前記第2の中間部まで前記第1の中間部での長さを維持し、前記第2の中間部から前記周縁部まで前記中心部から前記第1の中間部とは逆に単調に変化することを特徴とするプラズマ処理装置。

9. 請求の範囲第8項に記載されたプラズマ処理装置において、

前記スロットアンテナ内における電磁界の波長を $\lambda_g$ とすると、前記スロットの長さ $L$ が、

$$L \leq \lambda_g / 2$$

または

$$(N/2 + 1/4) \times \lambda_g \leq L \leq (N+1) \times \lambda_g / 2 \quad (N \text{ は自然数})$$

の場合、前記スロットの長さは、前記第2の中間部から前記周縁部まで単調に減少することを特徴とするプラズマ処理装置。

10. 請求の範囲第8項に記載されたプラズマ処理装置において、

前記スロットアンテナ内における電磁界の波長を $\lambda_g$ とすると、前記スロットの長さ $L$ が、

$$L \leq \lambda_g / 2$$

または

$$(N/2 + 1/4) \times \lambda_g \leq L \leq (N+1) \times \lambda_g / 2 \quad (N \text{ は自然数})$$

の場合、前記アンテナ面の最も内側のスロットから前記アンテナ面の径方向の前記第1の中間部のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより長く、前記第1の中間部のスロットから前記径方向の前記第2の中間部のスロットまで各スロットの長さが前記第1の中間部のスロットの長さと等しく、前記第2の中間部のスロットから前記径方向の最も外側のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより短いことを特徴とするプラズマ処理装置。

1 1. 請求の範囲第 8 項に記載されたプラズマ処理装置において、

前記スロットアンテナ内における電磁界の波長を  $\lambda_g$  とすると、前記スロットの長さ  $L$  が、

$$N \times \lambda_g / 2 \leq L \leq (N / 2 + 1 / 4) \times \lambda_g \quad (N \text{ は自然数})$$

の場合、前記スロットの長さは、前記第 2 の中間部から前記周縁部まで単調に増加することを特徴とするプラズマ処理装置。

1 2. 請求の範囲第 8 項に記載されたプラズマ処理装置において、

前記スロットアンテナ内における電磁界の波長を  $\lambda_g$  とすると、前記スロットの長さ  $L$  が、

$$N \times \lambda_g / 2 \leq L \leq (N / 2 + 1 / 4) \times \lambda_g \quad (N \text{ は自然数})$$

の場合、前記アンテナ面の最も内側のスロットから前記アンテナ面の径方向の前記第 1 の中間部のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより短く、前記第 1 の中間部のスロットから前記径方向の前記第 2 の中間部のスロットまで各スロットの長さが前記第 1 の中間部のスロットの長さと等しく、前記第 2 の中間部のスロットから前記径方向の最も外側のスロットまで各スロットの長さがその内側のスロットの長さより長いことを特徴とするプラズマ処理装置。

1 3. アンテナ面にスロットが複数形成されたスロットアンテナを用いて処理容器内に電磁界を供給することによりプラズマを生成するときに、前記アンテナ面の径方向で、前記アンテナ面の中心部から周縁部へ向かう途中の第 1 の中間部まで前記スロットの放射係数を単調に増加させ、前記第 1 の中間部から前記周縁部へ向けて前記第 1 の中間部での放射係数の値を維持することを特徴とするプラズマ生成方法。

1 4. 請求の範囲第 1 3 項に記載されたプラズマ生成方法において、

前記アンテナ面の径方向で、前記アンテナ面の前記第 1 の中間部から前記周縁部へ向かう途中の第 2 の中間部まで前記第 1 の中間部での放射係数の値を維持し、前記第 2 の中間部から前記周縁部まで放射係数を単調に減少させることを特徴と

するプラズマ生成方法。

図 1

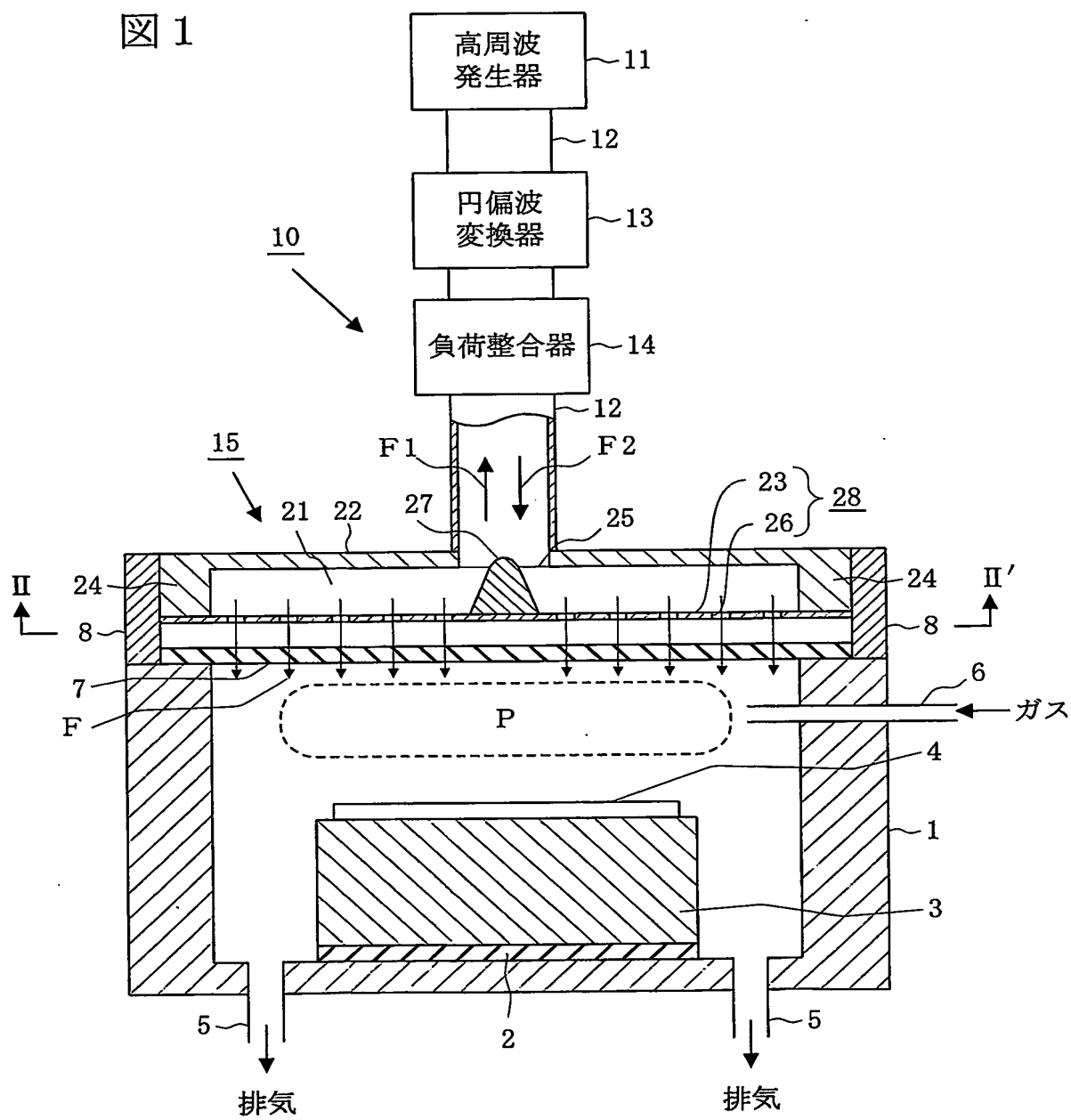


図 2 A

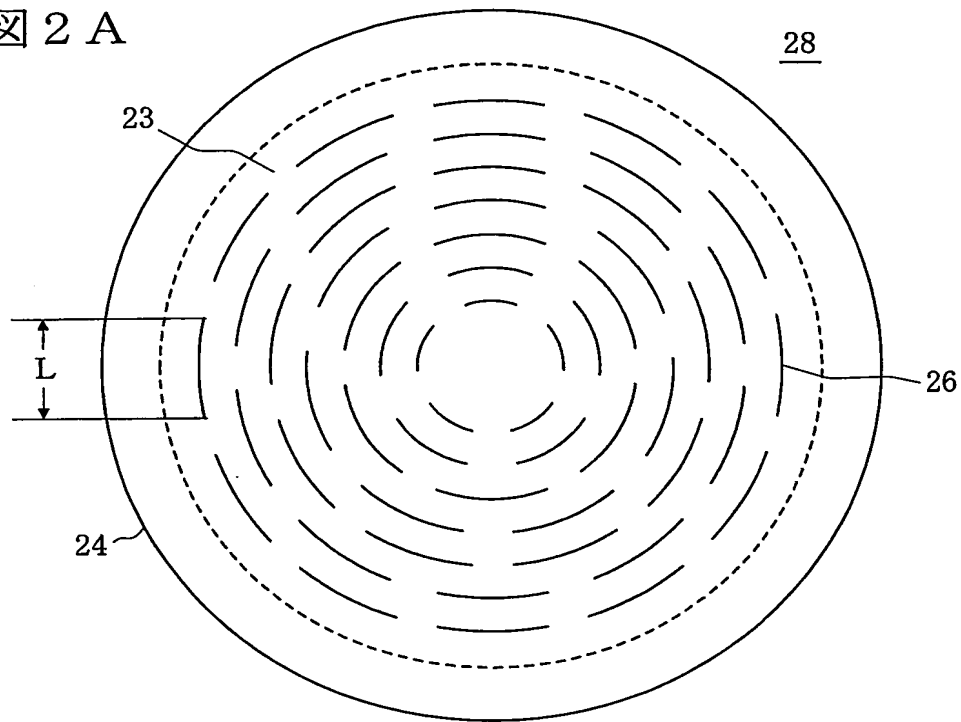


図 2 B

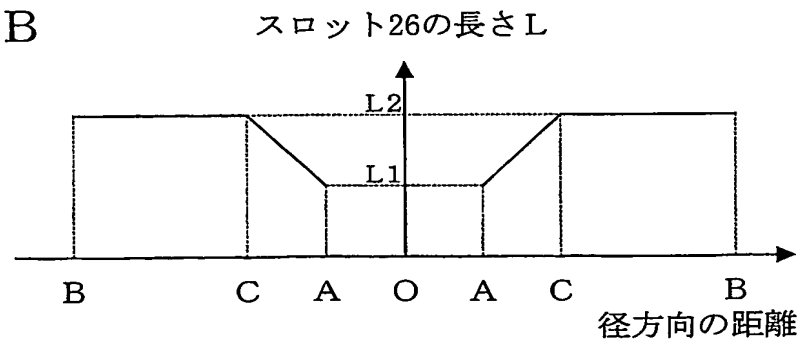


図 3 A

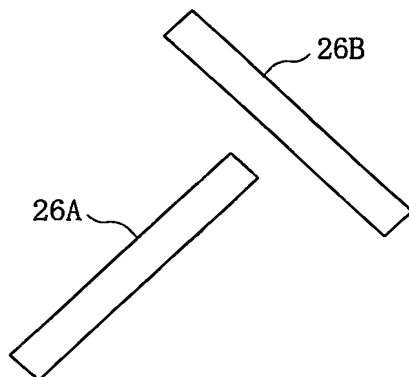


図 3 B

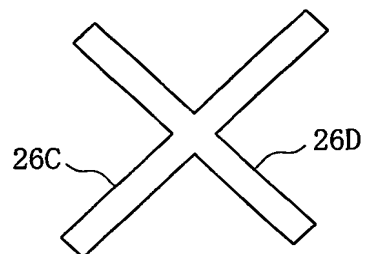


図 4 A

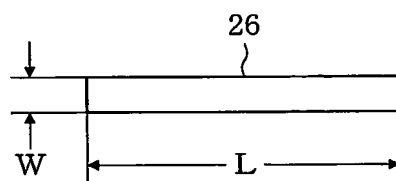


図 4 B

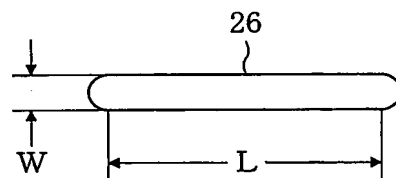


図 4 C

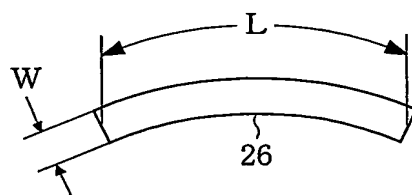


図 4 D

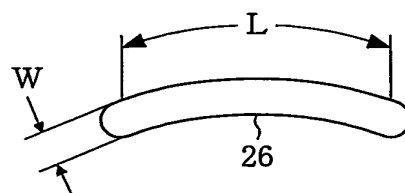


図 5 A

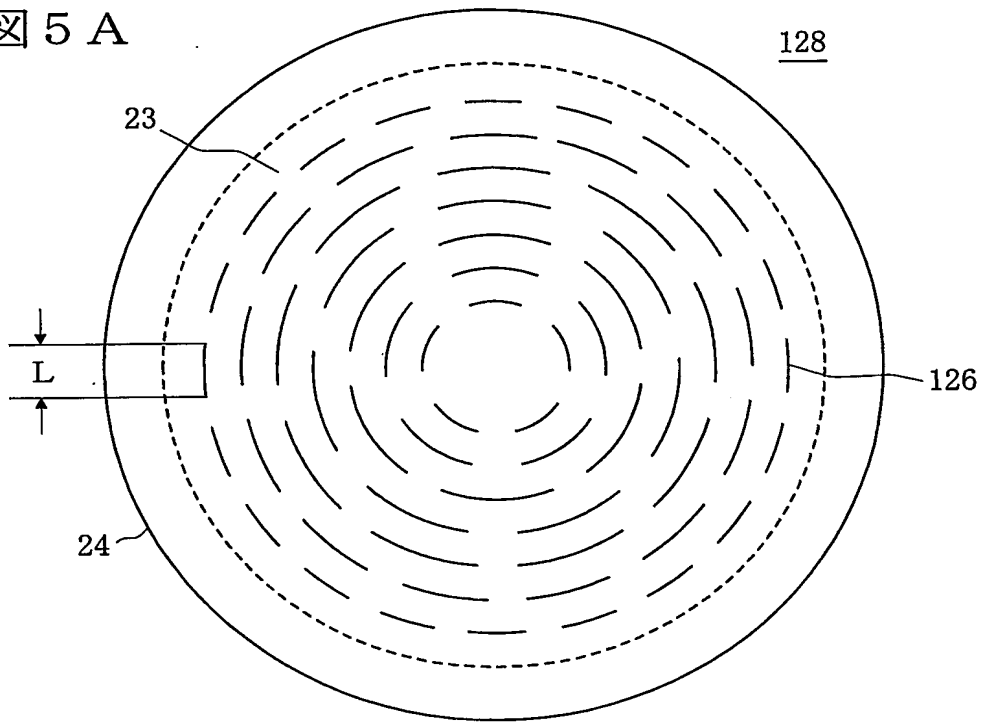


図 5 B

スロット126の長さL

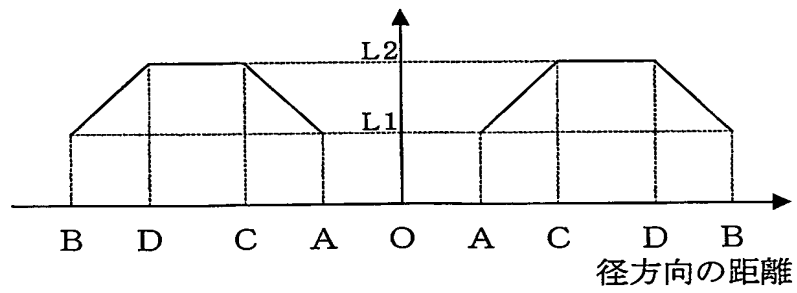


図 6 A

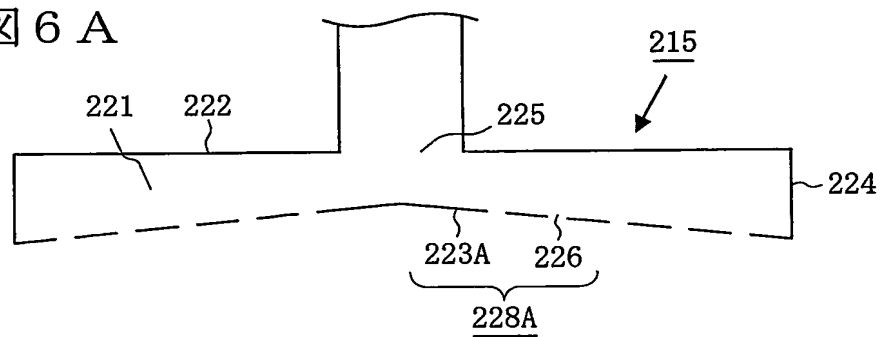


図 6 B

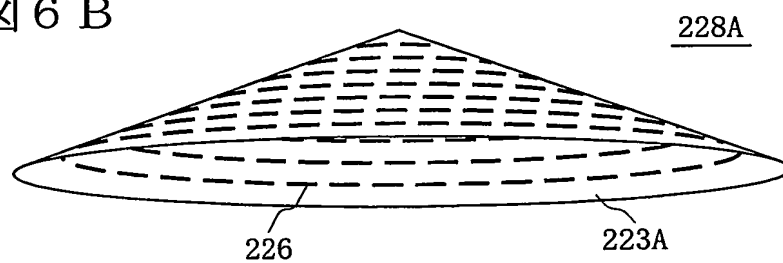
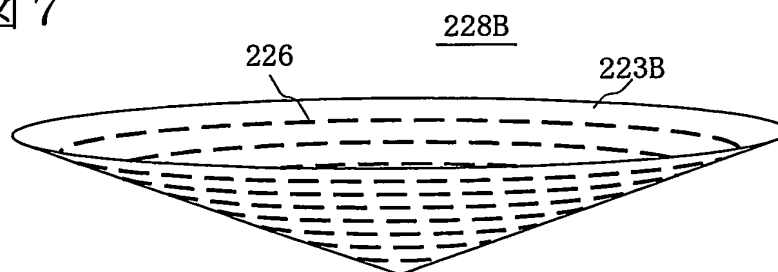
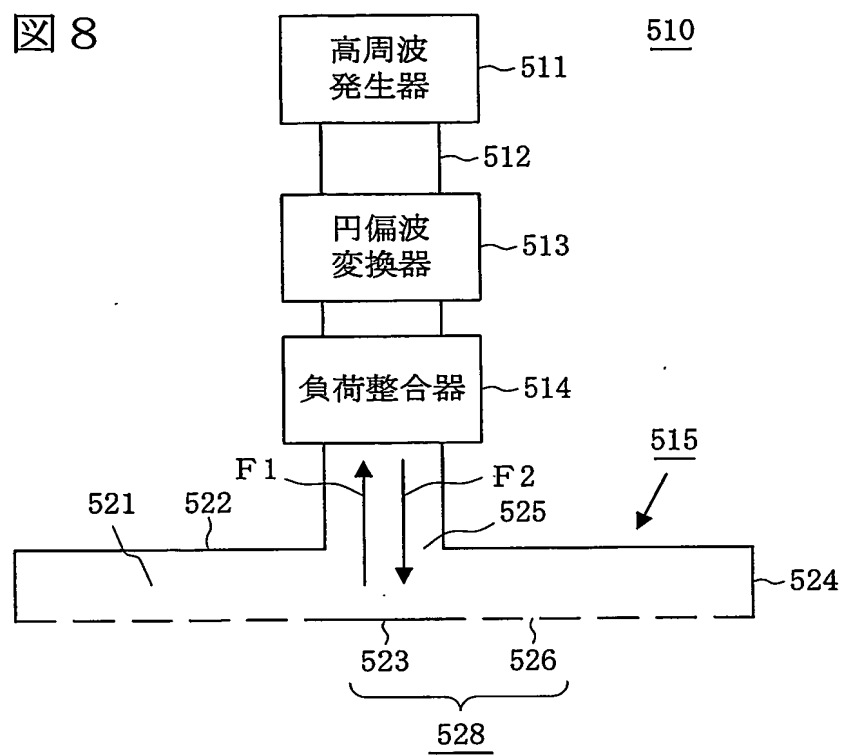


図 7







# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/02925

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> H01L21/3065

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> H01L21/3065, H01J37/32

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-50615 A (Tokyo Electron Ltd.), 15 February, 2002 (15.02.02), Par. Nos. [0011] to [0032] & WO 02/013250 A	1-14
A	JP 2000-223298 A (Tokyo Electron Ltd.), 11 August, 2000 (11.08.00), Par. Nos. [0017] to [0073] (Family: none)	1-14
A	US 5698036 A (Tokyo Electron Ltd.), 16 December, 1997 (16.12.97), Column 4, line 15 to column 18, line 27 & JP 09-63793 A	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
---	--

Date of the actual completion of the international search  
20 May, 2003 (20.05.03)

Date of mailing of the international search report  
03 June, 2003 (03.06.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int.Cl.<sup>7</sup> H01L21/3065

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H01L21/3065

Int.Cl.<sup>7</sup> H01J37/32

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2003年

日本国登録実用新案公報 1994-2003年

日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2002-50615 A (東京エレクトロン株式会社) 2002.02.15, 第11~32段落 & WO 02/013250 A	1-14
A	JP 2000-223298 A (東京エレクトロン株式会社) 2000.08.11, 第17~73段落 (ファミリーなし)	1-14
A	US 5698036 A (Tokyo Electron Ltd.) 1997.12.16, 第4欄第15行~第18欄第27行 & JP 09-63793 A	1-14

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20.05.03

国際調査報告の発送日

03.06.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区鍛が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

今井 淳一

4R

9055

電話番号 03-3581-1101 内線 6758